

BVR CCD-ФОТОМЕТРИЯ ЗВЕЗД СРАВНЕНИЯ В ОКРЕСТНОСТЯХ ГАЛАКТИК С АКТИВНЫМИ ЯДРАМИ. III

В.Т.ДОРОШЕНКО^{1,2}, С.Г.СЕРГЕЕВ², Ю.С.ЕФИМОВ², С.НАЗАРОВ²,
В.И.ПРОНИК², Е.А.СЕРГЕЕВА², Г.А.СИВЦОВ²

Поступила 25 октября 2006

Принята к печати 22 ноября 2006

Представлены результаты наблюдений с матричным фотометром. В полосах *BVRcIc* получены оценки звездных величин 80-и звезд сравнения в окрестностях 10 галактик с активными ядрами: 2-х сейфертовских галактик, 4-х квазаров и 4-х объектов типа BL Lac. Диапазон звездных величин наблюдавшихся звезд от 11 до 19.5. Для звезд 14–15 зв. вел. типичная фотометрическая ошибка составляет 0.011, 0.008, 0.006 и 0.007 зв. вел. в полосах *BVR*, соответственно. *BVR* большинства звезд ранее не были известны. Карты для отождествления звезд размером 14' x 14' прилагаются. Результаты могут быть использованы для дифференциальной фотометрии ядер активных галактик в *BVR* полосах.

Ключевые слова: *звезды - фотометрия - галактики: активные ядра*

1. *Введение.* С конца 2001г. мы начали проводить интенсивный фотометрический мониторинг активных ядер галактик (AGN) в Крымской астрофизической обсерватории. Цель нашей программы заключалась в частых, насколько это возможно, наблюдениях нескольких десятков AGN. Однако мы столкнулись с проблемой отсутствия звезд сравнения в окрестностях многих AGN, которые были бы калиброваны в *B*, *V*, *R*, *I* полосах. Соответствующие данные необходимы для исследования переменности ядер активных галактик, а также для сравнения с данными, полученными в других обсерваториях. Вот почему мы решили сделать работу по калибровке звезд сравнения в окрестностях AGN, входящих в нашу программу. Данные о звездах сравнения для 44 объектов с прямым восхождением от 0 до 24 часов были опубликованы нами в работах [1,2]. Представленная статья является продолжением (3-й частью) этой работы и включает еще 10 галактик с активными ядрами, среди которых 2 сейфертовских галактики, 4 квазара и 4 объекта типа BL Lac. На рис.1 приводятся карты отождествления звезд.

2. *Наблюдения и измерения.* Все наблюдения были сделаны на 70-см телескопе Крымской астрофизической обсерватории с помощью

CCD-камеры AP7p. Оборудование, процесс наблюдений и редукция данных были подробно описаны в первой части, в работе [1]. Здесь мы только кратко напомним некоторые положения. CCD-камера AP7p была установлена в прямом фокусе ($f=282$ см) телескопа. CCD-чип имеет размер 512×512 пикселей, что дает поле зрения при используемом фокусе телескопа равное $14' \times 14'$. Камера снабжена набором фильтров B, V, R, RI и I , где фильтр, обозначенный нами как RI , лучше соответствует фильтру I в системе Кузинса, в то время как другие фильтры более соответствуют фильтрам в стандартной системе Джонсона. Обычно в течение ночи мы получали для каждого исследуемого объекта не менее 4-х изображений в каждом фильтре, а до и после наблюдения объекта мы получали по 1 кадру с байесом и по 2 кадра с темновым током. Изображения с плоскими полями экспонировались на сумеречном небе либо на закате, либо на восходе Солнца. Изображения с байесом, темновым током и плоскими полями очищались от "выбросов" (так называемых "холодных" или "горячих" частиц) путем сравнения большого числа кадров, полученных в течение ночи. Алгоритм чистки основан на по-пиксельном сравнении отдельных кадров с усредненным кадром для каждой ночи наблюдений. Критерием для чистки служила величина отклонений, превышающая 4σ . Все кадры с изображением исследуемого объекта измерялись уже после вычитания из него изображений с очищенным от "выбросов" байеса и темнового тока и после учета чистого изображения плоского поля. Фотометрические измерения проводились методом апертурной фотометрии, в основном, с апертурой диаметром $15''$, а иногда с $13''$, если в большую апертуру попадали другие объекты. Фон неба определялся в кольцевой апертуре вокруг каждого объекта. В этой статье мы представляем результаты калибровки звезд в окрестностях 10 AGN. Чаще всего для калибровки использовались вторичные стандарты в полях некоторых AGN, взятые из работы Гонзалеса-Переса и др. [3] (I Zw 1, 3C 66 A, S5 0716+71, OJ 287, 3C 273, 3C 279, PKS 1510-089, Mrk 501 и BL Lac), но иногда использовались и некоторые другие поля, исследованные нами ранее в работах [1,2]. Одна из относительно ярких звезд в каждом поле была принята нами в качестве главной звезды для калибровки. Как правило, главной звездой мы выбирали такую звезду в окрестностях указанных выше AGN, измерения блеска которой имели достаточно малую ошибку, и которая находилась вблизи центра кадра. Для калибровки выбраны только хорошие фотометрические звезды, когда средне-квадратичные изменения потока от звезды во время нескольких измерений в течение ночи не превышали 1.5-2%, и когда качество изображений было менее

5". Чтобы получить звездные величины звезды сравнения, свободные от атмосферной экстинкции, мы использовали зависимость между разностями звездных величин и разностями воздушных масс двух звезд. При этом одна звезда находилась в поле, звезды которого нужно было калибровать, а другая звезда находилась в поле, звезды которого служили стандартом, и на их основе проводилась калибровка. Главная звезда в поле каждого из изучаемых AGN была калибрована относительно главных звезд в нескольких стандартных областях, упоминаемых выше. Затем, в каждом фильтре, на основе нескольких калибровок по нескольким стандартным областям, мы вычисляли взвешенное среднее значение звездной величины. Типичная неопределенность такого метода составила 0.012, 0.009, 0.007 и 0.007 зв. величины в B , V , R_c и I_c полосах, соответственно. Далее, дифференциальная фотометрия всех звезд, выбранных в качестве кандидатов в звезды сравнения, проводилась относительно главной звезды в поле каждой активной галактики. Впоследствии, с помощью уравнений преобразования, которые обсуждались в работе [1], мы переводили инструментальные звездные величины в международную систему Джонсона - Кузинса (B , V , R_c , I_c).

3. *Результаты.* Координаты исследованных полей даны в табл.1. В этой же таблице указано число наблюдательных ночей (колонка 4), число звезд, выбранных в качестве звезд сравнения (колонка 5), а также обозначения главной звезды (колонка 6) и число переменных звезд, обнаруженных нами в исследуемом поле и их обозначение (колонка 7).

Для обнаружения возможных переменных звезд в полях AGN мы использовали критерий χ [1]. Следует отметить, что некоторые обнаруженные нами переменные звезды, не были известны в опубликованной ранее литературе.

Таблица 1

СПИСОК НАБЛЮДАЕМЫХ ОБЪЕКТОВ

Объект	Тип	Координаты (2000)		Число		Обозначение	
		α	δ	ночей	зв.ср.	Гл. зв.	Перемен. звезды
S2 0109+22	BL Lac	01:12:05.82	+22:44:38.8	14	8	1	—
4C 31.30	Sy1	07:45:41.67	+31:42:56.6	32	8	3	—
PG 0804+761	QSO	08:10:58.64	+76:02:43.8	37	6	1	—
Mrk 421	BL Lac	11:04:27.2	+38:12:32	28	8	1	—
4C 29.45	QSO	11:59:31.83	+29:14:43.8	7	11	13	—
NGC 4395	Sy1	12:25:48.9	+33:32:47.8	3	7	4	—
PG 1718+481	QSO	17:19:38.4	+48:04:13	50	9	1	4; 7; 9?
H 1722+119	BL Lac	17:25:04.38	+11:52:15.6	34	7	1	C1; C2
1ES 1959+65	BL Lac	19:59:59.85	+65:08:54.6	33	7	2	3 и 5=MMDra
3C 454.3	QSO	22:53:57.7	+16:08:53.6	32	9	D	C

Таблица 2

BVRcIc ВЕЛИЧИНЫ ЗВЕЗД СРАВНЕНИЯ В ОКРЕСТНОСТЯХ AGN

Объект	Координаты 2000		B		V		Rc		Ic1		Ic2		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
S2 0109+22	01:12:05.8	+22:44:38.8											
I	01:12:03.2	+22:43:28.8	13.258	0.010	12.533	0.007	12.118	0.007	11.775	0.005	11.783	0.007	
B	01:12:12.3	+22:39:57.4	14.240	0.010	13.592	0.007	13.195	0.007	12.867	0.005	12.876	0.007	
C	01:12:20.2	+22:43:02.7	14.909	0.010	14.361	0.007	14.002	0.007	13.693	0.005	13.704	0.007	
C1	01:12:00.5	+22:45:20.4	16.301	0.012	15.289	0.007	14.725	0.007	14.221	0.005	14.226	0.007	
D	01:11:53.6	+22:43:15.8	15.264	0.010	14.488	0.007	14.046	0.007	13.677	0.005	13.688	0.007	
E	01:12:10.2	+22:44:38.8	15.930	0.010	15.341	0.008	14.964	0.007	14.636	0.006	14.642	0.008	
F	01:12:19.6	+22:50:03.0	16.239	0.011	15.669	0.008	15.289	0.008	14.959	0.006	14.976	0.009	
G	01:12:24.9	+22:48:49.2	16.536	0.011	15.927	0.008	15.533	0.007	15.188	0.007	15.206	0.008	
4C 31.30	07:45:41.7	+31:42:56.6											
3	07:45:40.2	+31:41:23.4	15.950	0.006	15.087	0.004	14.554	0.005	14.056	0.003	14.054	0.003	
1	07:45:40.7	+31:42:45.1	16.907	0.007	16.315	0.006	15.925	0.006	15.588	0.005	15.600	0.006	
2	07:45:40.0	+31:42:50.0	17.237	0.011	16.618	0.006	16.216	0.006	15.860	0.005	15.878	0.007	
4	07:45:37.3	+31:44:36.4	15.986	0.007	15.346	0.004	14.944	0.005	14.576	0.004	14.583	0.004	
5	07:45:20.4	+31:41:52.4	15.509	0.007	14.946	0.004	14.602	0.005	14.285	0.003	14.287	0.004	
6	07:45:29.5	+31:45:30.5	15.638	0.007	14.867	0.004	14.430	0.005	14.034	0.003	14.038	0.003	
7	07:45:21.6	+31:40:54.9	14.606	0.006	14.128	0.004	13.814	0.005	13.507	0.003	13.510	0.003	
8	07:46:01.5	+31:45:29.8	15.805	0.006	15.198	0.005	14.830	0.005	14.511	0.003	14.516	0.004	
PG 0804+76	08:10:58.6	+76:02:43.8											
1	08:11:28.4	+76:03:32.3	14.469	0.011	13.911	0.002	13.577	0.001	13.262	0.003	13.268	0.001	
2	08:10:44.3	+76:06:12.0	13.984	0.011	13.557	0.003	13.293	0.001	13.042	0.003	13.050	0.002	
3	08:11:29.4	+76:07:51.3	13.707	0.011	13.033	0.003	12.658	0.001	12.320	0.003	12.330	0.002	
4	08:12:16.8	+76:04:10.4	14.763	0.011	14.042	0.003	13.643	0.002	13.289	0.003	13.293	0.002	
5	08:09:56.1	+76:00:12.2	12.774	0.011	11.763	0.003	11.219	0.002	10.711	0.003	10.711	0.002	
6	08:10:23.0	+76:04:53.8	12.601	0.011	11.980	0.002	11.622	0.001	11.288	0.003	11.292	0.002	
Mrk 421	11:04:27.2	+38:12:32											
1	11:04:51.2	+38:17:10.7	14.980	0.011	14.392	0.007	14.022	0.004	13.694	0.003	13.689	0.003	
2	11:04:14	+38:05:26	14.381	0.013	13.565	0.008	13.062	0.004	12.624	0.004	12.604	0.004	
3	11:04:18.2	+38:16:31.2	16.174	0.011	15.571	0.007	15.200	0.004	14.866	0.005	14.855	0.004	
4	11:04:54	+38:09:40.7	16.479	0.009	15.484	0.006	14.852	0.003	14.302	0.003	14.286	0.003	
5	11:04:58.3	+38:12:52.6	16.079	0.011	15.489	0.008	15.119	0.004	14.797	0.004	14.780	0.004	
6	11:03:56.4	+38:18:46.4	14.841	0.011	14.233	0.007	13.854	0.003	13.502	0.004	13.486	0.004	
7	11:03:59	+38:05:27	14.901	0.013	14.202	0.008	13.795	0.007	13.421	0.005	13.404	0.004	
8	11:03:53	+38:08:03.4	15.124	0.011	14.121	0.007	13.534	0.004	13.017	0.004	12.998	0.004	
4C 29.45	11:59:31.8	+29:14:43.8											
13	11:59:57.6	+29:15:09.0	16.044	0.021	15.377	0.014	14.974	0.020	14.607	0.022	14.625	0.022	
1	11:59:42.0	+29:17:53.4	18.193	0.051	16.869	0.028	15.755	0.021	14.523	0.023	14.525	0.022	
2	11:59:39.3	+29:17:55.1	17.509	0.023	16.832	0.025	16.409	0.021	15.966	0.024	16.015	0.028	
3	11:59:32.0	+29:16:19.0	19.140	0.076	17.962	0.035	17.080	0.029	16.373	0.025	16.412	0.027	
4	11:59:27.1	+29:16:31.2	18.544	0.045	17.580	0.048	17.072	0.028	16.646	0.028	16.650	0.026	
5	11:59:21.2	+29:11:03.8	19.484	0.161	18.636	0.106	17.504	0.025	16.202	0.025	16.198	0.028	
6	11:59:55.5	+29:11:36.1	19.185	0.189	17.999	0.034	16.893	0.025	15.807	0.025	15.786	0.024	
7	11:59:14.7	+29:18:19.1	18.483	0.051	17.196	0.020	16.200	0.021	15.260	0.023	15.256	0.023	
8	11:59:53.6	+29:15:49.3	17.137	0.023	16.606	0.017	16.232	0.022	15.903	0.024	15.898	0.027	
9	11:59:45.2	+29:11:33.9	14.008	0.021	13.388	0.014	12.973	0.020	12.606	0.022	12.616	0.022	
14	11:59:58.8	+29:15:44.0	16.468	0.022	15.904	0.015	15.514	0.021	15.180	0.023	15.194	0.025	

Таблица 2 (окончание)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
NGC 4395	12:25:48.9	+33:32:47.8										
4	12:25:54.7	+33:26:52.2	13.514	—	13.020	—	12.672	—	12.324	—	12.324	—
1	12:25:50.9	+33:33:12.8	16.818	0.022	16.046	0.005	15.557	0.002	15.096	0.002	15.102	0.012
2	12:25:51.2	+33:31:27.2	16.669	0.006	16.031	0.007	15.593	0.003	15.164	0.011	15.172	0.002
3	12:26:22.1	+33:33:14.9	16.019	0.007	15.461	0.005	15.097	0.008	14.741	0.012	14.749	0.006
5	12:25:54.0	+33:26:32.0	16.591	0.008	16.262	0.014	16.018	0.008	15.648	0.010	15.627	0.015
7	12:25:55.9	+33:33:58.6	15.934	0.007	14.594	0.003	13.587	0.003	12.564	0.004	12.570	0.004
8	12:25:44.9	+33:38:39.7	16.401	0.009	15.848	0.006	15.475	0.007	15.076	0.007	15.092	0.010
PG 1718+48	17:19:38.4	+48:04:13										
1	17:19:41.9	+48:04:41.8	14.473	0.006	13.614	0.004	13.115	0.003	12.659	0.004	12.656	0.004
2	17:19:28.7	+48:02:57.1	14.432	0.006	13.581	0.004	13.115	0.003	12.720	0.004	12.719	0.004
3	17:19:20.2	+48:00:57.4	15.288	0.006	14.636	0.004	14.256	0.003	13.916	0.004	13.913	0.004
4 var	17:19:52.2	+48:00:56.3	14.020	0.006	13.272	0.004	12.842	0.003	12.468	0.004	12.464	0.004
5	17:19:39.4	+48:02:30.7	16.135	0.007	15.446	0.004	15.041	0.004	14.671	0.004	14.663	0.005
6	17:19:10.8	+48:03:23.6	15.486	0.007	14.261	0.004	13.524	0.003	12.901	0.004	12.899	0.004
7 var	17:19:17.5	+48:08:27.8	15.578	0.006	14.916	0.004	14.551	0.003	14.234	0.004	14.234	0.004
8	17:19:06.9	+48:09:23.1	14.199	0.006	13.423	0.004	13.004	0.003	12.647	0.004	12.641	0.004
9 var?	17:19:56.7	+48:01:57.7	14.126	0.006	12.971	0.004	12.249	0.003	11.614	0.004	11.609	0.004
H 1722+119	17:25:04.4	+11:52:15.6										
1	17:25:14.9	+11:53:26.8	14.570	0.022	13.452	0.012	12.839	0.008	12.271	0.010	12.261	0.016
C1 var	17:25:04.9	+11:53:56	13.665	0.022	11.908	0.013	10.767	0.010	—	—	—	—
C2 var	17:25:05.2	+11:52:12	14.225	0.022	13.168	0.012	12.573	0.008	12.061	0.010	12.052	0.016
C3	17:24:58.6	+11:51:56.4	14.919	0.022	14.078	0.012	13.600	0.008	13.157	0.010	13.148	0.016
C4	17:25:09.5	+11:51:14	16.577	0.022	15.670	0.012	15.160	0.008	14.701	0.010	14.695	0.016
2	17:25:13.2	+11:51:55.1	15.122	0.022	14.836	0.012	14.703	0.008	14.559	0.010	14.550	0.016
3	17:25:15.6	+11:46:35.2	13.849	0.022	12.940	0.012	12.424	0.008	11.968	0.010	11.958	0.016
IES1959+65	19:59:59.8	+65:08:54.6										
2	19:59:39.5	+65:08:56.0	13.450	0.016	12.875	0.017	12.531	0.004	12.217	0.004	12.223	0.007
1	20:00:26.4	+65:09:24.9	13.371	0.016	12.686	0.017	12.280	0.004	11.917	0.004	11.922	0.007
3 var	19:59:34.5	+65:06:21.3	14.934	0.016	13.228	0.017	12.261	0.004	11.373	0.004	11.368	0.007
4	19:59:57.3	+65:09:41.4	15.282	0.016	14.493	0.017	14.037	0.004	13.619	0.004	13.624	0.007
5 MM Dra	19:59:44.8	+65:10:07.4	15.599	0.027	14.558	0.025	13.937	0.017	13.360	0.016	13.360	0.017
6	20:00:00.7	+65:07:49.0	15.973	0.016	15.201	0.017	14.757	0.004	14.365	0.004	14.370	0.007
7	20:00:09.9	+65:07:58.9	16.008	0.016	15.224	0.017	14.737	0.004	14.315	0.004	14.369	0.007
3C 454.3	22:53:57.7	+16:08:53.6										
D	22:53:53.5	+16:05:17.7	14.936	0.005	13.813	0.005	13.191	0.004	12.625	0.004	12.627	0.004
A	22:53:59.9	+16:09:53	16.825	0.006	15.873	0.005	15.329	0.004	14.840	0.004	14.851	0.004
B	22:53:55.3	+16:07:08	15.897	0.005	15.183	0.005	14.758	0.004	14.363	0.004	14.368	0.004
C var	22:53:51.1	+16:05:56.5	15.206	0.005	14.439	0.005	13.983	0.004	13.564	0.004	13.570	0.004
C1	22:54:04.7	+16:07:47	16.720	0.006	15.812	0.005	15.266	0.004	14.744	0.004	14.748	0.005
E	22:53:52.7	+16:09:50	16.968	0.007	15.686	0.005	14.912	0.004	14.255	0.004	14.264	0.004
F	22:53:48.4	+16:06:15.7	16.077	0.005	15.266	0.005	14.816	0.004	14.418	0.004	14.427	0.004
G	22:54:08.1	+16:06:10	16.280	0.005	15.382	0.005	14.847	0.004	14.344	0.004	14.345	0.004
H	22:53:58.1	+16:09:06	14.620	0.005	13.644	0.005	13.098	0.004	12.587	0.004	12.591	0.004

B, V, Rc, Ic звездные величины всех измеренных нами звезд даны в табл.2. Объекты сортированы по прямому восхождению. Для каждой

звезды в табл.2 указаны: колонка 1: ее обозначение в нашем поле с указанием переменных звезд (var), колонки 2 и 3: координаты звезды, взятые нами из интерактивной программы Aladin в пакете SIMBAD. В колонках 4-13 указана средняя звездная величина звезды в фильтрах *B*, *V*, *Rc*, *Ic* вместе с их ошибками. Поскольку наш фильтр *R1* близок к фильтру *I* в системе Кузинса, то мы получили две различных версии звездной величины *Ic*: одна определялась по наблюдениям в фильтре *R1* и соответствующая колонка в табл.2 обозначена как *Ic1*, а другая система *Ic*-величин получена из наблюдений в фильтре *I* и соответствующая колонка в табл.2 обозначена как *Ic2*. Можно легко убедиться, что колонки

Таблица 3

КРОСС-ИДЕНТИФИКАЦИЯ ОБОЗНАЧЕНИЙ НЕКОТОРЫХ ЗВЕЗД, ИЗУЧЕННЫХ НАМИ, А ТАКЖЕ ПРЕДСТАВЛЕННЫХ В ОПУБЛИКОВАННЫХ РАНЕЕ РАБОТАХ ДРУГИХ АВТОРОВ

Поле	Звезда	Другое обознач. [Лит.]
4C 31.30	1	15 [3]
4C 31.30	2	17 [3]
4C 31.30	3	6 [3]
4C 31.30	4	24 [3]
Mrk 421	1	1 [7]
Mrk 421	3	2 [7]
Mrk 421	2	3 [8]
4C 29.45	1	23 [3]
4C 29.45	2	24 [3]
4C 29.45	3	20 [3]
4C 29.45	6	3 [3]
4C 29.45	8	18 [3]; 15 [16]; 4 [10]
4C 29.45	9	2 [3]; 1[10];
4C 29.45	13	14 [3]; 13[16]; 2 [10]
4C 29.45	14	17 [3]; 14 [16]; 3[10]
H 1722+119	3	A [11]

Ic1 и *Ic2* дают почти совпадающие значения, что свидетельствует о правильности работы наших уравнений трансформации. Стандартные отклонения, помещенные в табл.2, включают не только все типы неопределенностей и дополнительные ошибки, полученные эмпирически и подробно обсуждаемые в первой части работы [1], а также включают и ошибки калибровки главных звезд сравнения, упомянутые выше. Для звезд ярче 14^m типичные неопределенности составляют: $\sigma \approx 0^m.012$ в фильтре *B*, $\sigma \approx 0^m.010$ в фильтрах *V*, *Rc* и $\sigma \approx 0^m.011$ в фильтре *Ic*.

Помимо этого в табл.3 дается кросс-идентификация обозначений звезд,

используемых нами, со звездами, которые использованы в ранее опубликованных работах других авторов.

4. *Обсуждение исследованных полей. Сравнение с другими данными.* Ниже мы приводим обзор исследованных полей.

4.1. *S2 0109+22.* Объект типа BL Lac. Для этой области мы использовали наблюдения с 28.08.2005 по 24.01.2006. За это время в течение 14 ночей было получено 51 изображение в каждом фильтре. Главная звезда (1) была калибрована относительно главных звезд в полях BL Lac (6 общих ночей), 3C66A (8 общих ночей) и Mrk 335 (6 ночей). Нами были выбраны 8 звезд в качестве кандидатов в звезды сравнения. Обозначения звезд взяты, согласно Киприни [5]. В работе [4] опубликованы *UBV* величины для 7-и звезд, которые измеряли и мы, а в работе [5] приводятся *BVRI* величины 4-х звезд, три из которых являются общими с работой [4]. Вычисленные нами звездные величины для трех общих звезд очень хорошо согласуются с данными работы [5], т.е. разности звездных величин между нашими данными и данными из работ [5] находятся в пределах указанных ошибок. Заметим, что разности всегда берутся нами как "наши зв. величины минус зв. величины других авторов".

4.2. *4C 31.30.* Сейфертовская галактика I типа. Использовались наблюдения в течение 32 ночей за время с 12.10.2004 по 13.04.2006. В этой области мы проанализировали 101 изображение в каждом фильтре. В качестве главной звезды была выбрана звезда 3. Она была калибрована относительно главных звезд в Mrk 6 (24 общие ночи), S5 0716+71 (14 общих ночей), 3C 66 A (7 ночей), OJ 287 (14 ночей), Mrk 79 (19 ночей). За окончательное значение было принято средне-взвешенное значение из этих калибровок. Затем была получена дифференциальная фотометрия остальных 7-и звезд относительно звезды 3. Среди исследованных нами звезд мы не обнаружили звезд, показавших существенную переменность за исследованный период. Четыре звезды оказались общими со звездами, измеренными в работе [3], в том числе и звезда 3 (в работе [3] она обозначена как 6), которая была принята нами в качестве главной. Звездные величины звезды 3 очень хорошо согласуются с данными [3] в полосах *BVR* (разности ΔB , ΔV , ΔRc получились равными соответственно $0^m.012$, $-0^m.003$, $0^m.013$). Однако в фильтре *I* присутствует заметное различие ($\Delta Ic = 0^m.073 \pm 0^m.005$). Заметим, что наши оценки звездных величин двух звезд (1 и 2), наиболее близких к самой сейфертовской галактике, значительно отличаются во всех фильтрах от звездных величин, опубликованных в работе [3] (для звезды 1 разности составляют:

$\Delta B = 0^m.594 \pm 0^m.012$; $\Delta V = 0^m.563 \pm 0^m.008$; $\Delta Rc = 0^m.577 \pm 0^m.008$; $\Delta Ic = 0^m.406 \pm 0^m.119$, а для звезды 2 - $\Delta B = 0^m.884 \pm 0^m.014$; $\Delta V = 0^m.850 \pm 0^m.008$; $\Delta Rc = 0^m.842 \pm 0^m.008$; $\Delta Ic = 0^m.559 \pm 0^m.121$). Для звезды 4 отличие звездных величин от значений из [3] хотя и меньше, чем для звезд 1 и 2, но оно все же заметно выше ошибок наблюдений ($\Delta B = -0^m.044 \pm 0^m.011$; $\Delta V = -0^m.089 \pm 0^m.006$; $\Delta Rc = -0^m.060 \pm 0^m.006$; $\Delta Ic = 0^m.093 \pm 0^m.012$). Не найдя объяснение этому факту, мы провели независимую калибровку звезд 1, 2 и 4 относительно главных звезд в Mrk 6, S5 0716+71, 3C 66A, OJ 287 и Mrk 79. Наши дифференциальные оценки звездных величин звезд 1, 2 и 4, обозначенные как Dif (колонка

Таблица 4

КАЛИБРОВКА ЗВЕЗД В ПОЛЕ СЕЙФЕРТОВСКОЙ ГАЛАКТИКИ
4C 31.30 И СРАВНЕНИЕ С ДАННЫМИ ИЗ РАБОТЫ
ГОНЗАЛЕСА-ПЕРЕСА И ДР. [3]

Звезда		<i>B</i>		<i>V</i>		<i>Rc</i>		<i>Ic1</i>		<i>Ic2</i>	
1	w	16.918	0.008	16.324	0.006	15.929	0.006	15.588	0.004	15.589	0.004
	Dif	16.907	0.007	16.315	0.006	15.925	0.006	15.588	0.005	15.600	0.006
	[3]	16.313	0.010	15.752	0.006	15.348	0.005	15.194	0.119	15.194	0.119
2	w	17.262	0.008	16.627	0.007	16.227	0.006	15.872	0.006	15.878	0.007
	Dif	17.237	0.011	16.618	0.006	16.216	0.006	15.860	0.005	15.878	0.007
	[3]	16.353	0.008	15.768	0.005	15.374	0.005	15.319	0.121	15.319	0.121
3	w	15.950	0.006	15.087	0.004	14.554	0.005	14.056	0.003	14.054	0.003
	[3]	15.938	0.005	15.090	0.003	14.541	0.002	13.981	0.004	13.981	0.004
4	w	15.985	0.005	15.350	0.004	14.948	0.005	14.575	0.003	14.576	0.004
	Dif	15.986	0.007	15.346	0.004	14.944	0.005	14.576	0.004	14.583	0.004
	[3]	16.030	0.008	15.435	0.004	15.004	0.004	14.490	0.011	14.490	0.011

2 табл.4), показали очень хорошее совпадение с независимой калибровкой этих звезд относительно главных звезд в пяти указанных выше полях и взятых нами как средневзвешенное значение по пяти оценкам. Средневзвешенные оценки обозначены буквой w (колонка 2 табл.4). Кроме того, в табл.4 представлены данные из работы Гонзалеса-Переса и др. [3]. В качестве окончательных значений звездных величин выбранных звезд сравнения, мы взяли независимую калибровку звезды 3 и дифференциальные оценки всех остальных звезд относительно звезды 3 (см. табл.2).

4.3. *PG 0804+76*. Мы анализировали 153 изображения поля этого квазара в каждом фильтре. Наблюдения были получены в течение 37 ночей за период с 12.01.2005 по 14.05.2006. В качестве кандидатов в звезды сравнения были выбраны 6 звезд, а среди них в качестве главной взята звезда 1, которая была калибрована относительно главных

звезд в S5 0716+71 (12 общих ночей), OJ 287 (11 общих ночей) и Mrk 6 (20 общих ночей). Среди 6-ти исследованных звезд не было найдено переменных звезд за указанный период наблюдений. В опубликованной литературе мы не нашли каких-либо оценок звезд сравнения в поле этого квазара.

4.4. *Mrk 421*. Этот объект типа BL Lac мы наблюдали с 17.02.2002 по 28.06.2006. Было получено 116 изображений в каждом фильтре за 28 ночей. В этой области в поле 14' x 14' попадает очень мало звезд средней яркости. Нами были отобраны 8 звезд в качестве звезд сравнения. Переменных среди них не было найдено. Звезды 1 и 4 были калиброваны относительно главных звезд в полях: NGC 4051 (17 общих ночей), NGC 4151 (16 общих ночей), Mrk 766 (15 ночей) и W Com (7 ночей). Из опубликованных данных имеется *UBV* фотометрия 6-ти звезд, выполненная МакДжисми и др. [6], но ни одна из этих звезд не попала в наш кадр. Из трех звезд, *BVR* фотометрия которых имеется в [7], две звезды (звезды 1 и 3 в нашем обозначении) являются общими и согласие оценок *BVR* очень хорошее. Кроме того, для звезды 2 имеются *BV* оценки, сделанные Верон и Верон [8], и они тоже хорошо совпадают с нашими.

4.5. *4C 29.45*. Наблюдения этого квазара проходили в интервале с 13.05.2006 по 25.06.2006 в течение 7 наблюдательных ночей. Мы проанализировали 27 изображений в каждом фильтре. Были отобраны 11 звезд в качестве звезд сравнения. Главная звезда 13 (=14 в обозначении [3]) была калибрована относительно главных звезд в полях NGC 4051 (4 общие ночи) и NGC 5548 (5 общих ночей). Наша калибровка звезды 13 неплохо согласуется с данными [3] и очень хорошо согласуется с оценками, сделанными Смитом и др. [9], также как и две другие звезды, общие с [9]. Можно отметить хорошее согласие наших оценок *BV* величин с данными Райтери и др. [10] и Виллаты и др. [16]. Сравнение с данными [3] для 8-и общих звезд показало, что совпадение наших оценок с данными [3] не всегда хорошее. Однако, с учетом указанных в [3] очень больших ошибок, можно констатировать, что только для звезды 3 в фильтре *R* разница звездных величин превышает 3σ . Детали сравнения наших данных с опубликованными даны в табл.5.

4.6. *NGC 4395*. Эту сейфертовскую галактику мы начали наблюдать в 2006г. Поскольку наблюдения во всех фильтрах были проведены только в течение 3-х ночей (с 04.03.2006 по 25.06.2006), то наши результаты по звездам сравнения в поле этой галактики следует считать предварительными. Мы анализировали 18 изображений в каждом фильтре. Звездные величины звезды 4 были оценены по двум ночам

КАЛИБРОВКА ЗВЕЗД В ПОЛЕ КВАЗАРА 4С 29.45 И
СРАВНЕНИЕ С ДРУГИМИ ОПУБЛИКОВАННЫМИ ДАННЫМИ

Звезда	Литер.	<i>B</i>		<i>V</i>		<i>Rc</i>		<i>Ic1</i>		<i>Ic2</i>	
1	Эта работа	18.193	0.051	16.869	0.028	15.755	0.021	14.523	0.023	14.525	0.022
	[3]	18.106	0.268	17.024	0.055	—	—	—	—	—	—
2	Эта работа	17.509	0.023	16.832	0.025	16.409	0.021	15.966	0.024	16.015	0.028
	[3]	17.888	0.167	16.713	0.043	16.400	0.060	15.999	0.031	15.999	0.031
3	Эта работа	19.140	0.076	17.962	0.035	17.080	0.029	16.373	0.025	16.412	0.027
	[3]	—	—	17.909	0.128	17.397	0.068	16.561	0.083	16.561	0.083
6	Эта работа	19.185	0.189	17.999	0.034	16.893	0.025	15.807	0.025	15.786	0.024
	[3]	—	—	17.913	0.143	17.121	0.107	—	—	—	—
8	Эта работа	17.137	0.023	16.606	0.017	16.232	0.022	15.903	0.024	15.898	0.027
	[9]	17.140	0.14	16.60	0.05	16.30	0.04	15.880	0.300	15.880	0.300
	[3]	16.942	0.075	16.528	0.033	16.251	0.023	15.862	0.021	15.862	0.021
	[10]	17.15	0.05	16.60	0.04	16.28	0.02	—	—	—	—
	[16]	17.19	0.05	16.62	0.05	16.30	0.05	—	—	—	—
9	Эта работа	14.008	0.021	13.388	0.014	12.973	0.020	12.606	0.022	12.616	0.022
	[10]	14.01	0.06	13.390	0.050	13.010	0.020	—	—	—	—
	[3]	13.973	0.005	13.312	0.002	12.938	0.002	12.579	0.003	12.579	0.003
13	Эта работа	16.044	0.021	15.377	0.014	14.974	0.020	14.607	0.022	14.625	0.022
	[9,10]	16.02	0.04	15.36	0.04	14.97	0.04	14.62	0.07	14.62	0.07
	[3]	16.015	0.043	15.360	0.017	14.979	0.007	14.605	0.007	14.605	0.007
	[16]	16.09	0.05	15.40	0.05	15.03	0.05	—	—	—	—
14	Эта работа	16.468	0.022	15.904	0.015	15.514	0.021	15.180	0.023	15.194	0.025
	[9]	16.410	0.050	15.890	0.090	15.530	0.080	15.160	0.180	15.160	0.180
	[3]	16.567	0.051	15.838	0.018	15.464	0.012	15.075	0.034	15.075	0.034
	[16]	16.47	0.05	15.92	0.05	15.57	0.05	—	—	—	—

относительно главной звезды в NGC 5548. Мы выбрали 7 звезд в качестве звезд сравнения. Из-за малого числа наблюдательных ночей для этой галактики мы не можем ничего сказать о переменности выбранных звезд. В опубликованной литературе мы не нашли каких-либо оценок звезд сравнения в этой области.

4.7. *PG 1718+481. Квазар.* Мы проанализировали 194 изображения в каждом фильтре, полученные за 50 ночей в интервале с 04.03.2005 по 22.07.2006. Были выбраны 9 звезд в качестве звезд сравнения. Явную переменность показывает звезда 4 (χ^2 на единицу веса равно 4.79, 3.13, 2.26 и 2.33 в полосах *BVRI* соответственно). Возможно, звезда 7 является слабопеременной звездой (χ^2 равно 1.75, 1.78, 1.23 и 2.00 в полосах *BVRI*). Звезда 9 - под подозрением на переменность, поскольку χ^2 на единицу веса существенно превышает 1 только в полосах *B* и *V* (1.68 и 1.72 соответственно). Калибровка звезды 1 была выполнена относительно

главных звезд во многих полях: Agr 102B (19 общих ночей), 1E 1821+64 (26 общих ночей), 3C 390.3 (22 общие ночи), Mrk 501 (7 общих ночей), Mrk 504 (8 общих ночей), NGC 5548 (18 общих ночей) и BL Lac (15 общих ночей). Для всех остальных 8-и звезд взяты дифференциальные оценки относительно звезды 1. В опубликованной литературе мы не нашли каких-либо оценок звезд сравнения в этом поле.

4.8. *H 1722+119. Объект типа BL Lac.* Эту область мы наблюдали с 27.05.2004 по 23.07.2006 и в течение 34 ночей наблюдений получили 130 изображений в каждом фильтре. Звезда 1, взятая нами в качестве главной, была калибрована относительно главных звезд в полях: NGC 5548 (12 общих ночей), PG 1553+11 (13 ночей), WCom (3 общие ночи), OX 169 (8 общих ночей) и Agr 102B (10 ночей). Выбраны 7 звезд в качестве звезд сравнения. Звезды C1, C2, C3 и C4 обозначены так, как в работе [13]. Среди них одна яркая звезда (C1) оказалась явно переменной, поскольку χ^2 на единицу веса составляет 75, 64 и 5 в полосах *B*, *V*, *R* соответственно. В полосе *Ic* измерений не было вследствие высокой яркости звезды. Звезда C2, по-видимому, тоже переменна, так как χ^2 на единицу веса в полосах *B*, *V*, *R* составляет 2.53, 2.16 и 1.74, соответственно. Для звезды 3 Смит и др. [11] получили *UBVRI* величины, которые хорошо согласуются с нашими оценками. Для 4-х звезд (C1, C2, C3 и C4) имеются *VRI* оценки блеска, сделанные Фьеруччи и Гости [12]. Сравнение с нашими данными в этих полосах показало хорошее согласие для всех звезд, кроме C1, что и не удивительно, если принять во внимание заметную переменность этой звезды, обнаруженную нами.

4.9. *1ES 1959+650.* Этот объект типа BL Lac мы наблюдали с 27.10.2004 по 02.07.2006. В течение 33 наблюдательных ночей было получено и проанализировано 121 изображение в каждом фильтре. Главная звезда 2 была калибрована относительно главных звезд в областях 3C 390.3 (12 общих ночей), BL Lac (12 общих ночей), Acp 564 (10 общих ночей) и 1E 1821+64 (18 общих ночей). Мы отобрали 7 звезд в качестве кандидатов в звезды сравнения. Обозначения звезд совпадают с обозначениями в работе [7]. Среди них была обнаружена одна явно переменная звезда (5), ранее известная как MM Dra. Другая возможная переменная звезда 3, у которой χ^2 на единицу веса в полосах *B*, *V*, *R*, *I* составляет 8.86, 9.14, 6.90 и 3.98, соответственно. Ранее эта область была исследована в *V*, *R* полосах в работе [7]. Сравнение наших *V*, *R* величин с данными из работы Виллаты и др. [7] показало очень хорошее согласие.

4.10. *3C 454.3.* Мы проанализировали 117 изображений этого квазара,

полученных в каждом фильтре в течение 32 ночей с 03.07.2002 по 30.12.2003. Были выбраны 9 звезд в качестве кандидатов в звезды сравнения. Их обозначения на нашей карте соответствуют обозначениям на картах, представленных в Интернете по адресу: <http://www.lsw.uni-heidelberg.de/projects/extragalactic/charts/2251+158.html>. Данные по всем этим звездам, собранные из разных источников, приводятся по указанному выше Интернет адресу, а кроме того они есть в работе Гонзалеса-Переса и др. [3]. Впоследствии, для проведения международной кампании по этому объекту в июне 2005г. были приняты несколько иные *UBVRI* данные по звездам сравнения, представляющие компиляцию из нескольких источников [3,10,13-15]. Эти данные приведены на Интернет странице: <http://www.to.astro.it/blazars/webt/news.html>. Звезда D была принята нами в качестве главной и была прокалибрована относительно главных звезд в нескольких полях: 3C 66A (11 общих ночей), Akn 564 (16 общих ночей), BL Lac (23 общие ночи), NGC 7469 (22 общие ночи), OX 169 (14 общих ночей), Mrk 335 (15 общих ночей) и I Zw1 (12 общих ночей). Затем были получены дифференциальные *BVRI* оценки блеска остальных 8-и звезд относительно звезды D. Звезда C, по-видимому, является переменной звездой, поскольку χ^2 на единицу веса в полосах *B, V, R, I* составляет 2.82, 2.01, 2.21, и 1.86, соответственно.

Сравнение наших оценок с имеющимися в литературе показало, что наилучшее согласие получается между нашими оценками и данными, скомпилированными из нескольких источников, для международной кампании 2005г., которые можно найти на указанной выше Интернет странице.

5. *Заключение.* В этой работе мы представили *B, V, Rc, Ic* фотометрию 80 звезд в окрестностях 10 активных ядер галактик с прямым восхождением от 1 до 23 часов. Из них 2 объекта являются сейфертовскими галактиками, 4 - квазарами и 4 - объектами типа BL Lac. Звездные величины наблюдаемых звезд покрывают область от 11^m до 19^m.5. Типичная неопределенность для звезды 14^m-15^m составляет 0^m.011, 0^m.008, 0^m.006 и 0^m.007 в полосах *BVRI*, соответственно. Для калибровки звезд мы широко использовали вторичные стандарты в звездных полях вокруг AGN, опубликованные в работе Гонзалеса-Переса и др. [3], а также поля, исследованные нами в работах [1,2]. *BVRI* фотометрия для большей части звезд в окрестностях рассмотренных нами AGN ранее никем не проводилась. В исследованных звездных полях нами было найдено несколько переменных звезд. Проект будет продолжен и расширен за счет включения новых активных ядер галактик и уточнения звездных величин звезд сравнения на основе новых наблюдений уже исследованных объектов.

Эта работа была поддержана грантом Американского Фонда Гражданского Исследования и Развития (CRDF) UP1-2549-CR-03 и грантом Российского Фонда Фундаментальных Исследований (РФФИ) № 06-02-16843.

¹ Крымская лаборатория Государственного астрономического института им. П.К.Штернберга, МГУ, Россия, e-mail: vdorosh@sai.crimea.ua

² Крымская астрофизическая обсерватория, Украина

BVRI CCD-PHOTOMETRY OF COMPARISON STARS IN THE FIELDS OF ACTIVE GALAXIES. III

V.T.DOROSHENKO¹, S.G.SERGEEV², Yu.S.EFIMOV², S.NAZAROV²,
V.I.PRONIK², E.A.SERGEEVA², G.A.SIVTSOV²

The results of the CCD BVRI observations of 80 comparison stars in the fields of 10 active galactic nuclei are presented: 2 Seyfert galaxies, 4 QSO, and 4 BL Lac objects. The stellar magnitudes of observed stars cover the range from 11^m to 19^m.5. Typical photometric uncertainty of stars 14^m-15^m is 0^m.011, 0^m.008, 0^m.006 and 0^m.007 in BVRI bands respectively. BVRI magnitudes of some stars have never been published before. Finding charts with the field of view about 14' x 14' are also presented. These results can be used for differential photometry of AGNs in BVRI bands.

Key words: *stars: photometry - galaxies: active nuclei*

ЛИТЕРАТУРА

1. В.Т.Дорошенко, С.Г.Сергеев, Н.И.Меркулова и др., *Астрофизика*, **48**, 191, 2005.
2. В.Т.Дорошенко, С.Г.Сергеев, Н.И.Меркулова и др., *Астрофизика*, **48**, 365, 2005.
3. J.N.Gonzalez-Perez, M.Kidger, F.Martin-Luis, *Astron. J.*, **122**, 2055, 2001 (GP).
4. H.R.Miller, T.L.Mullikin, B.Q.McGimsey, *Astron. J.*, **88**, 1301, 1983.
5. S.Ciprini, G.Tosti, C.M.Raiteri et al., *Astron. Astrophys.*, **400**, 487, 2003.
6. B.Q.McGimsey, H.R.Miller, R.M.Williamson, *Astron. J.*, **81**, 750, 1976.
7. M.Villata, C.M.Raityeri, L.Lanteri et al., *Astron. Astrophys. Suppl. Ser.*, **130**, 305, 1998.

8. *P.Veron, M.P.Veron*, *Astron. Astrophys. Suppl. Ser.*, 25, 287, 1976.
9. *P.S.Smith, Th.J.Balonek, P.A.Heckert et al.*, *Astron. J.*, 90, 1184, 1985.
10. *C.M.Raiteri, M.Villata, L.Lanteri et al.*, *Astron. Astrophys. Suppl. Ser.*, 130, 495, 1998.
11. *P.S.Smith, B.T.Jannuzi, R.Elston*, *Astrophys. J. Suppl. Ser.*, 77, 67, 1991.
12. *M.Fiorucci, G.Tosti*, *Astron. Astrophys. Suppl. Ser.*, 116, 403, 1996.
13. *M.Fiorucci, G.Tosti, N.Rizzi*, *Publ. Astron. Soc. Pacif.*, 110, 105, 1998.
14. *P.S.Smith, Th.J.Balonek*, *Publ. Astron. Soc. Pacif.*, 110, 1164, 1998.
15. *R.J.Angione*, *Astron. J.*, 76, 412, 1971.
16. *M.Villata, C.M.Raiteri, G.Ghisellini et al.*, *Astron. Astrophys. Suppl. Ser.*, 121, 119, 1997.

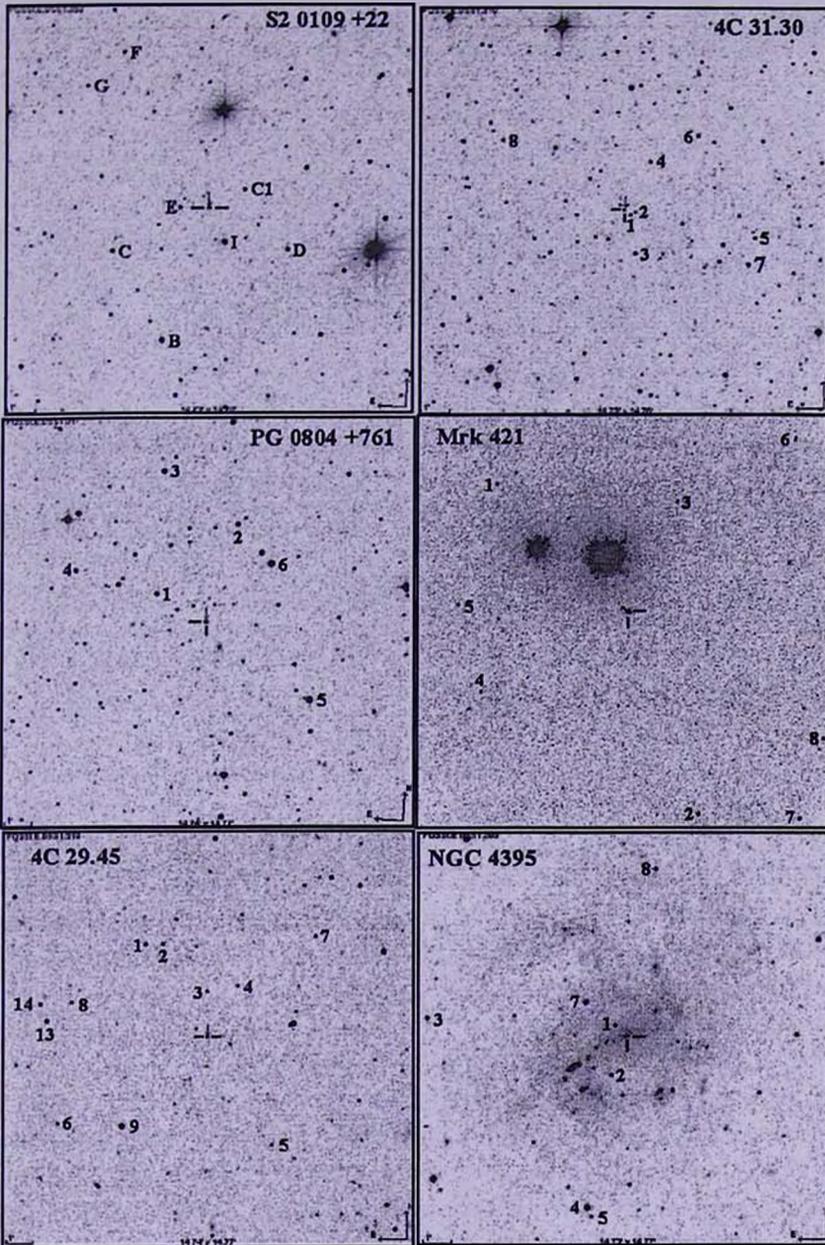


Рис.1. Поисковые карты для AGN с отождествлением звезд сравнения. Север сверху, восток слева на всех картах. Размер полей на картах около $14' \times 14'$. Карты получены из Службы Обзора Неба (DSS) пакета SIMBAD. Активные галактики отмечены двойной чертой.

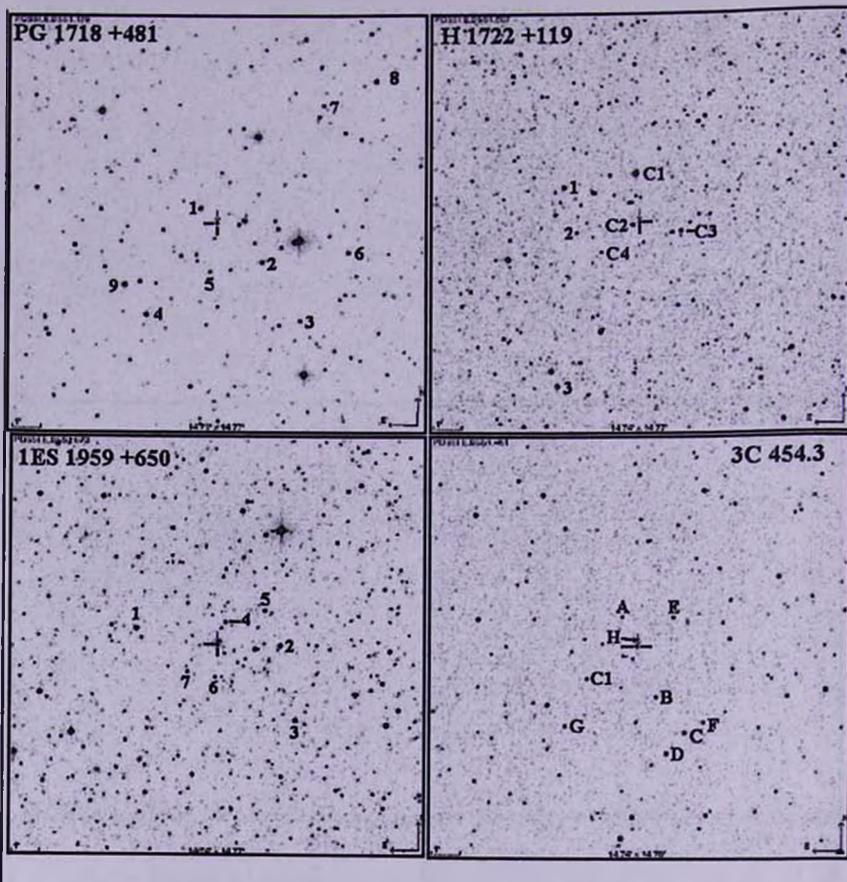


Рис.1. (Продолжение).